

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-36034

(43)公開日 平成9年(1997)2月7日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 2 8
G 0 2 B 27/00			G 0 3 F 7/20	5 0 5
G 0 3 F 7/20	5 0 5			5 2 1
	5 2 1		G 0 2 B 27/00	V
			H 0 1 L 21/30	5 1 5 B
審査請求 有 発明の数 2 O L (全 7 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-289458  
(62)分割の表示 特願昭61-74220の分割  
(22)出願日 昭和61年(1986)4月2日

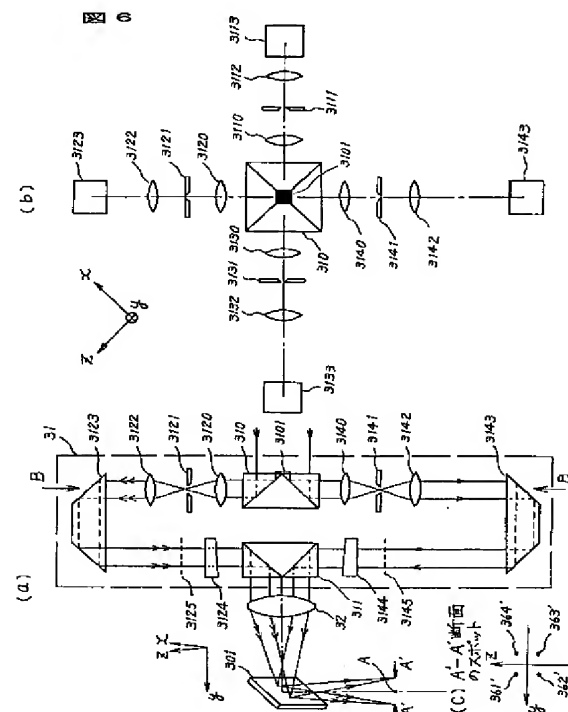
(71)出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72)発明者 押田 良忠  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内  
(72)発明者 吉武 康裕  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内  
(72)発明者 中島 直人  
神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式  
会社日立製作所生産技術研究所内  
(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

(54)【発明の名称】 投影露光方法及びその装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】レーザ光を露光用光源とすることにより結像に好適な単色光とすると共に、高輝度、高解像度の投影露光を実現する。

【解決手段】レーザ光源1と、該レーザ光源より出射したレーザビームを複数のビームに分割する分割光学系310と該分割光学系で分割された複数のビームについて互いに可干渉距離以上の光路長差を付与して複数のビームスポットに合成する光路長差付与光学系と該光路長差付与光学系で合成された複数のビームスポットを一緒に2次元的に偏向走査して露光物体2に照射する偏向走査手段301、303とを備えた照明光学系と、該照明光学系の偏向走査手段で複数のビームスポットを一緒に2次元的に偏向走査して露光物体に照射することにより該露光物体の像を被露光物体の表面に結像させて露光する投影光学系5とを有する投影露光装置及びその方法である。



## 【特許請求の範囲】

1. レーザ光源と、該レーザ光源より出射したレーザビームを複数のビームに分割する分割光学系と該分割光学系で分割された複数のビームについて互いに可干渉距離以上の光路長差を付与して複数のビームスポットに合成する光路長差付与光学系と該光路長差付与光学系で合成された複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査して露光物体に照射する偏向走査手段とを備えた照明光学系と、該照明光学系の偏向走査手段で複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査して露光物体に照射することにより該露光物体の像を被露光物体の表面に結像させて露光する投影光学系とを有することを特徴とする投影露光装置。

2. 前記照明光学系において、前記偏向走査手段によって複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査される範囲を制限し、前記投影光学系の入射瞳と共役な位置に設置された開口絞りを備えたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の投影露光装置。

3. 前記照明光学系において、前記分割光学系で分割された複数のビームについて所望の領域内で強度分布をほぼ一様にする均一化光学系を備えたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の投影露光装置。

4. 前記レーザ光源をパルスレーザ光源で構成し、該パルスレーザ光源の発光パルスと同期して前記照明光学系における偏向走査手段を駆動することを特徴とする特許請求範囲第1項記載の投影露光装置。

5. 前記レーザ光源はエキシマレーザ光源であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の投影露光装置。

6. レーザ光源より出射したレーザビームを分割光学系で複数のビームに分割し、この分割された複数のビームについて互いに可干渉距離以上の光路長差を付与して複数のビームスポットに合成し、この合成された複数のビームスポットを偏向走査手段により一緒に2次元的に偏向走査して露光物体に照射し、この照射された露光物体の像を投影光学系により被露光物体の表面に結像させて露光することを特徴とする投影露光方法。

7. 前記投影光学系の入射瞳と共役な位置に設置された開口絞りにより前記偏向走査手段によって複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査される範囲を制限することを特徴とする特許請求の範囲第6項記載の投影露光方法。

8. 前記分割光学系で分割された複数のビームについて所望の領域内で強度分布をほぼ一様にすることを特徴とする特許請求の範囲第6項記載の投影露光方法。

9. 前記レーザビームがエキシマレーザビームであることを特徴とする特許請求の範囲第6項記載の露光照明方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はレーザ光を用いた投

影露光装置及びその方法に係り、特に半導体露光装置の微細パターン解像に適したエキシマレーザ光を用いた投影露光装置及びその方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体露光装置は従来、水銀ランプのg線(波長436nm)やi線(波長365nm)を照明光に用いて来た。半導体パターンの微細化のニーズに対して、縮小レンズの開口数(N.A.)を大きくすることにより解像度の向上が進められて来た。また上記g線からi線への移行によっても微細化が進められて来た。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術はいずれも光源のスペクトル幅の比較的広い(数nm以上)露光照明光を用い、結像レンズはこのスペクトル幅に対し色収差の生じない複数種のガラス材から成っていた。微細化のニーズに伴ないディープ(Deep)UV領域の光による露光が必要となるが、この領域では石英、蛍石等の数種の材料しか使用できず、また材質の均一性を考慮すると一種類の材料を使用せざるを得なくなる。この場合色収差の補正は不可能であるので、レーザ光、それもスペクトル幅が0.01nm以下のレーザ光を使用する必要がある。例えばエキシマレーザにインジェクションロックをかけたものなどが使われることになる。

【0004】このようなレーザ光を露光照明に用いると、レーザの指向性が高いため、所謂コヒーレント照明となる。その結果感光材料に露光されるパターンは、結像光学系で決まる特定空間周波数以下はMTF(モデュレーション、トランスファー、ファンクション(Modulation Transfer Function))が1になり、それ以上の周波数ではMTFは0となり、このカットオフ周波数に相当する空間周波数の凹凸が、パターンに重畳し、良質な像が感光材に形成されない。

【0005】本発明の目的は、上述の従来の課題を解決し、レーザ光を露光用光源とすることにより結像に好適な単色光とすると共に、所望のスポット数を形成する際、互いに干渉しない複数のレーザスポット光を同時に照射しながら入射角を微小に変えることによってレーザ光の持つコヒーレンシーを実効的に低減して、高輝度で、かつ高解像度の投影露光を、露光物体に対して均一化して非常に効率的に実現する投影露光装置及びその方法を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、レーザ光源と、該レーザ光源より出射したレーザビームを複数のビームに分割する分割光学系と該分割光学系で分割された複数のビームについて互いに可干渉距離以上の光路長差を付与して複数のビームスポットに合成する光路長差付与光学系と該光路長差付与光学系で合成された複数のビームスポットと一緒に2次元

的に偏向走査して露光物体に照射する偏向走査手段とを備えた照明光学系と、該照明光学系の偏向走査手段で複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査して露光物体に照射することにより該露光物体の像を被露光物体の表面に結像させて露光する投影光学系とを有することを特徴とする投影露光装置である。

【0007】また本発明は、前記投影露光装置における前記照明光学系において、前記偏向走査手段によって複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査される範囲を制限し、前記投影光学系の入射瞳と共役な位置に設置された開口絞りを備えたことを特徴とする。また本発明は、前記投影露光装置における前記照明光学系において、前記分割光学系で分割された複数のビームについて所望の領域内で強度分布をほぼ一樣にする均一化光学系を備えたことを特徴とする。また本発明は、前記投影露光装置において、前記レーザ光源をパルスレーザ光源で構成し、該パルスレーザ光源の発光パルスと同期して前記照明光学系における偏向走査手段を駆動することを特徴とする。また本発明は、前記投影露光装置において、前記レーザ光源はエキシマレーザ光源であることを特徴とする。

【0008】また本発明は、レーザ光源より出射したレーザビームを分割光学系で複数のビームに分割し、この分割された複数のビームについて互いに可干渉距離以上の光路長差を付与して複数のビームスポットに合成し、この合成された複数のビームスポットを偏向走査手段により一緒に2次元的に偏向走査して露光物体に照射し、この照射された露光物体の像を投影光学系により被露光物体の表面に結像させて露光することを特徴とする投影露光方法である。また本発明は、前記投影露光方法において、前記投影光学系の入射瞳と共役な位置に設置された開口絞りにより前記偏向走査手段によって複数のビームスポットと一緒に2次元的に偏向走査される範囲を制限することを特徴とする。また本発明は、前記投影露光方法において、前記分割光学系で分割された複数のビームについて所望の領域内で強度分布をほぼ一樣にすることを特徴とする。また本発明は、前記投影露光方法において、前記レーザビームがエキシマレーザビームであることを特徴とする。

【0009】また本発明は、前記投影露光装置およびその方法において、光を透過する硝材の種類が少ない350nm以下の波長領域の光に対し、エキシマレーザ等のパルスレーザ光を用い、単種又は数種の硝材から成る結像光学系に対し、上述の露光照明をパルス光に対し、パルス周期と偏向駆動を同期させることにより、同様に空間的なコヒーレンシーの低減を図ることができる。

【0010】以上説明したように本発明によれば、レーザ光を露光用光源とすることにより結像に好適な単色光とすると共に、投影光学系の瞳上に所望のスポット数を形成する際、互いに干渉しない複数のレーザスポット光

を同時に照射しながら入射角を微小に変えることによって離散性の少ないパルシャルコヒーレント照明（レーザ光の持つコヒーレンシーを実効的に低減した照明）を実現することができ、その結果高輝度で、かつ高解像度の投影露光を、露光物体に対して均一化して、非常に短縮した露光時間により効率的に実現することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施例を図1により説明する。1はエキシマレーザ光源であり、ここを出射したパルスレーザ光は本発明に係る露光照明装置3を通り、露光物体であるレチクル2を一樣に照明し、このレチクルを透過したレーザ光は縮小レンズ5を通過し、被露光媒体であるウェハ4の上に塗布された感光剤（レジスト）に露光物体の像を結像する。

【0012】露光照明装置3は以下の構成から成っている。レーザ光源より出射したレーザ光の分布は、特にインジェクションロック方式のエキシマレーザの場合、中央部に窪みがあるため、ビームを一樣な分布にするビーム一樣化手段31を通る。このビーム一樣化手段は、レーザ光の波面を球面或いは平面波からランダムな波面、或いはランダムでなくてもビームの広がり角を大幅に増大させるような波面を発生させるようなものではなく、例えばレンズと微小な開口等から成るものである。従ってビーム一樣化手段31を通過したレーザ光は所望のビーム領域内で一樣な分布を持ち、ビーム広がり角も、エキシマレーザ本来の広がり角程度である。この一樣なレーザビームは32の集光レンズでA点に絞り込まれる。A点に到る途中にはガルバノミラー301があり、レーザ光をx-y面内に偏向する。A点を前側焦点とするレンズ302は偏向されたレーザ光を受け、303のガルバノミラー面上に、301のガルバノミラー面を結像する様に配置されている。従ってレンズ302を通過したレーザ光はほぼ平行光となり、ガルバノミラー301の偏向角に無関係に、ガルバノミラー303上の同一位置にレーザ光を当てる。ガルバノミラー303はy軸を回転軸として振れる。レンズ33とレンズ34は、A点を開口絞り35及び縮小レンズ5の瞳51に結像すると同時に、ガルバノミラー301、303とレチクル2の描画面（下面）を互に共やくな位置関係にしている。

【0013】従って制御回路7により、エキシマレーザ1のパルス発光のタイミングと、ガルバノミラー301と303の偏向制御を図5のように行なうことにより、縮小レンズの瞳51上に図2に示すようにA点を結像する。これら各点にA点を結像している時には、レチクル2への照明光の入射角度が変化しているものであり、いずれの場合もレチクル上の照射光の分布は一樣光となっていることは、301と303とレチクルが共やくであることから明らかである。図5(a)はガルバノミラー301の駆動信号を、図5(b)はガルバノミラー303の駆動信号を、図5(c)はエキシマレーザの発光パル

5

スを示す図である。このように図5に示すようにガルバノミラーとエキシマレーザのパルス光を制御すると縮小レンズの瞳51上にはスポットが基盤的に矩形に広がった範囲にできる。一般には瞳上に回転対称的な分布で広がっている方が、結像パターンの解像度の方向依存性が無くなる。そこでレンズ33の後方に開口絞り35を設ける。これは円形開口を有し、開口径が制御できるものであり、レチクル上の回路パターンの種類に応じて任意の開口径とすることができ、この開口絞り35はレンズ34により、縮小レンズの瞳51上に結像されているため、瞳51上のレーザスポットの広がり（従ってレチクル照明角の範囲を）任意にコントロールすることが可能となる。

【0014】図3は瞳51上へのレーザ光の集光の状態と、集光点の広がり（パーシャルコヒーレンシー $\sigma$ ）を説明する図である。レチクル2のB1、B2、B3の各パターン位置に、或る瞬間には611、621、631で光線が表わされる指向性の高いパルス光が入射し、瞳上の361に集光する。当然B1～B3には回路パターンが描写されているので、このパターンで回折した光は361を中心（瞳中心）に広がりを持つことは云うまでもない。同様に他の瞬間には612、622、632の光線が入射し、瞳上362（瞳中心）に集光する。同様に他のパルス光は363に集光する。瞳上の集光スポットの広がり（範囲）を直径 $d$ とし、瞳の直径を $D$ とすると、照明光のパーシャルコヒーレンシー $\sigma$ は $d/D$ となる。 $d \rightarrow 0$ （瞳中心362のみに照明する場合）には完全なコヒーレント照明となり、 $d/D$ が1に近づく程コヒーレンシーが失われる。 $\sigma$ の値とパターンの解像については既に知られているが、図4のように $\sigma = 0$ の時には結像パターンの窪みが強度にも解像パターン形状にも表われ、良好なパターンがウェハ上に形成されない。 $\sigma$ を0.4～0.8にすれば良好なパターンを形成することができる。なお、図4において点線は理想的結像を示す。

【0015】以上説明したように、レーザ光は露光物体であるレチクル2に一樣に照明される。この際、レチクル2上の各々の回路パターンには一定の入射角でレーザ光が照明される。この方向は、縮小レンズ5の（片テレセントリックの場合には）入射瞳51面上のほぼ一点に入射光が集光されるように照明される。更にレーザ光源1からレチクルに到る中間に、レーザ光を偏向せしめる手段301、303が挿入されている。この偏向手段301、303により、レーザ光を偏向することにより、レチクル2には一樣レーザ光が照明され、かつ各々の回路パターンには入射角度が上記偏向に応じて変化し、従って縮小レンズ5の入射瞳51面上にはほぼ一点に入射光が集光するが、その位置は上記偏向に応じて変化する。このような照明を行ない、所望の複数の入射角度で照明され、レチクル2を透過した露光光を被露光媒体であるウェハ4上のレジストに積算露光する。このように

6

すれば、露光時間内の各瞬間はコヒーレント照明であるが、積算され露光されたものはインコヒーレント（或はパーシャルコヒーレント）に照明されたものと同等の照明となり、ノイズが少なく、解像度の高い良好なパターンがウェハ4に形成される。

【0016】図6は本発明の他の一実施例であり、図1と基本的な構成は同一であるがビーム一樣化手段31が大幅に異なる。図6（a）はビーム一樣化手段31を図1で示す $x-y-z$ 座標に対し、 $y$ 軸には直角方向から、 $z$ 軸には $45^\circ$ の傾き、 $x$ 軸には $135^\circ$ の傾きを持って見た図である。エキシマレーザより出射したビームは中央部に窪みがあるのでこれを310のプリズムによって4つに分割し、入射方向に直角で、互に直交する4方向に進める。図6（a）のB-Bの断面を $g$ 方向に沿って見た図が図6（b）で、4方向に進むビームが示されている。プリズム上の3101は遮光板であり中央の窪み部分の微小領域をカットしている。4方向に進むビーム（図6（a）では紙面に垂直な2方向は図示せず）は、例えば $\langle 1, 0, -1 \rangle$ 方向に進むビームについて説明すると、3110のレンズにより一旦集光され、この集光位置に微小円開口3111があるため、この開口を通ることにより一樣光となる。この一樣光はレンズ3112によりほぼ平行なビームとなり、プリズム3113で折返される。この折返し（図6（a）のプリズム3123と同様である。同じように4つのビームは一樣平行となり、共通のプリズム311に入射する。ここで4つのビームがプリズム310で分離され、共通のプリズム311に入射するまでの光路長は各ビームで例えば等差的に異なり、最も短い光路長を有する3110を通るビームに対し、3120を通るビームの光路は $\Delta 1$ だけ長く、3130、3140を通るビームはそれぞれ $2\Delta 1$ 、 $3\Delta 1$ だけ長い。しかも $\Delta 1$ はエキシマレーザの可干渉距離以上である。例えばエキシマレーザとしてインジェクションロック方式のものをを用いた場合、スペクトル幅は0.003nmであるので、 $\Delta 1$ は50nm以上の値となる。このように光路長が互いに可干渉距離以上に異なるビームがプリズム311に入射する直前（図6（a）の3114、3124、3134、3144（3114と3134は図示せず））を通過することにより、プリズム311を通過し、レンズ32により、ガルバノミラー301上のほぼ同一位置で重なる。重なった4つのビームは互に干渉しないため、一樣光同志が加えられ、ガルバノミラー301上では一樣な強度分布となる。しかしこれら4つのビームは進行方向が異なるため、図1に示すA点では図6（a）及び（c）に示すように、4つの分離したスポットとなる。従ってA点の面は開口絞り35及び縮小レンズの瞳51の各面と共やくであるため、瞳上では図7（b）に示すように4点のスポットとなっている。また先に説明したようにガルバノミラー301と、303、

及びレチクル2の面も共々であるため、ガルバノミラー301上で一様な強度分布となる4本の重畳ビームはレチクル上でも一様な強度分布となり、レチクル上の回路パターンを均一に照明する。この結果ガルバノミラー301と303を偏向することにより、図7(a)に示すように縮小レンズ5の瞳51上に多数のスポット(図2の実施例に示す場合に比べ、ガルバノミラー及びパルスレーザの動作を同一とすると4倍のスポット)が照射されることになり、レチクルの照明角を微小に変えた、離散性の少ない、パーシャルコヒーレント照明を実現することが可能となる。また、図1と同一の瞳上のスポット数を実現する場合には少ない(1/4の)パルス光で所望のパーシャルコヒーレンスを得ることが可能となる。更に4本のビームは図6(a)に示す3125, 3145(3115, 3135は図示せず)等の位置に図8(b)に示すような透過率を有する透過率分布フィルタを配置し、レチクル照明光が更に均一となる様にする。例えば図8(a)に示すようにレチクルの回路パターンを照明する有効域内での均一性を更に良好にするため、この分布に逆比例するような透過率特性をこの有効域内で有するフィルタ(図8(b))を3125等の位置に入れれば図8(c)に示すように、有効域内での均一性は高くなる。また4つの透過率分布フィルタを総合的に透過率調整すれば更にレチクル照明の均一化が図れる。

【0017】図9は本発明の他の一実施例であり、図6に示したプリズム310及び311に代り、6方向にビームを分離及び合成するプリズム310'(311'は図示せず)を用いるものである。この場合も角ビームが分離されてから合成されるまでの光路長の差は互に可干渉距離以上を保っている。このようなプリズム310'を用いたビーム一様化手段を有する露光照明装置3'を用いれば図10(a)及び(b)に示すように、一回のパルス露光では6点のスポットが生じ、入射瞳51内のスポットの分布は更に密になり、パーシャルコヒーレント照明が実現できる。また、所望のスポット数を瞳上に生ずるためにパルスレーザの露光に要するパルス数も実効的に低減でき、露光時間の短縮やレチクル照明光の均一化も更に容易に実現しやすくなる。

【0018】本発明においては光偏向手段として上述の実施例に示したガルバノミラーに限定するものではなく、ポリゴンミラ、A/O偏向器等を用いることがで

き、これにより高速化を図ることも可能である。またレーザ光源としてはエキシマレーザに限定されることなく、他の露光に適した波長を有するレーザを用いても良いことは明らかである。

#### 【0019】

【発明の効果】本発明によれば、レーザ光を露光用光源とすることにより結像に好適な単色光とすると共に、投影光学系の瞳上に所望のスポット数を形成する際、互いに干渉しない複数のレーザスポット光を同時に照射しながら入射角を微小に変えることによって離散性の少ないパーシャルコヒーレント照明(レーザ光の持つコヒーレンシーを実効的に低減した照明)を実現することができ、その結果例えば、0.5 $\mu$ m或はそれ以下の線幅のパターンに対する高輝度で、かつ高解像度の投影露光を、露光物体に対して均一化して、非常に短縮した露光時間により効率的に実現することができる効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す図である。

【図2】縮小レンズの瞳上のレーザスポット分布を示す図である。

【図3】レーザ照明光線を示す図である。

【図4】本発明の効果を示す図である。

【図5】ガルバノミラーとエキシマレーザのパルスのタイミングを示す図である。

【図6】本発明の他の一実施例である一様露光手段を示す図である。

【図7】図6に示す実施例に於る瞳上のスポットを示す図である。

【図8】本発明の他の一実施例である透過率分布フィルタの効果を示す図である。

【図9】本発明の他の一実施例を示す図である。

【図10】本発明の他の一実施例を示す図である。

#### 【符号の説明】

1…エキシマレーザ、 2…レチクル、 3…露光照明装置、 4…ウェハ

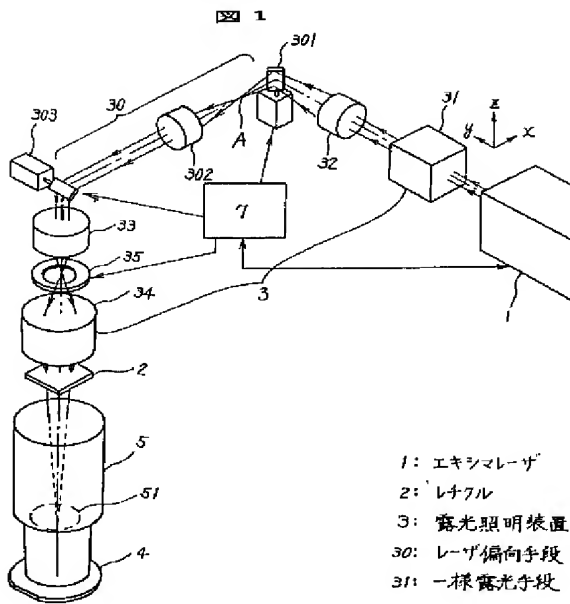
5…縮小レンズ、 301, 303…ガルバノミラー、 35…開口絞り

31…一様露光手段、 51…入射瞳

310, 311, 310'…ビーム分割又は合成用のプリズム

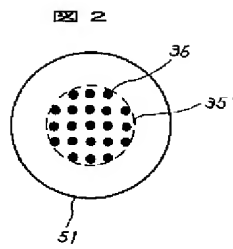
7…制御回路

【図1】

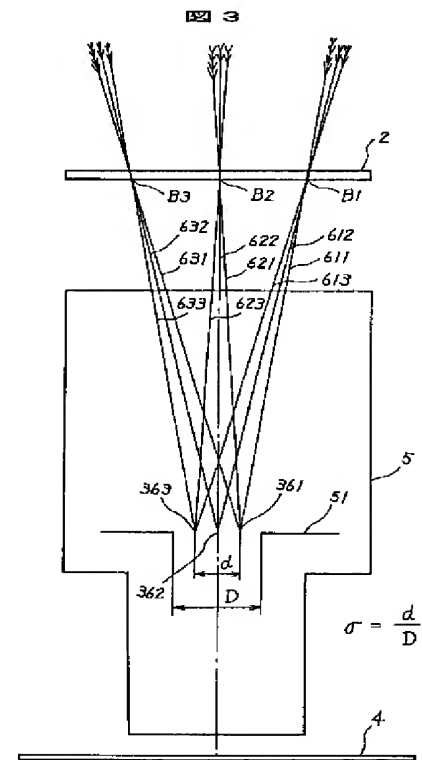


- 1: エキシマレーザ  
2: レンズ  
3: 露光照明装置  
30: レーザ偏向手段  
31: 一様露光手段

【図2】



【図3】



【図4】

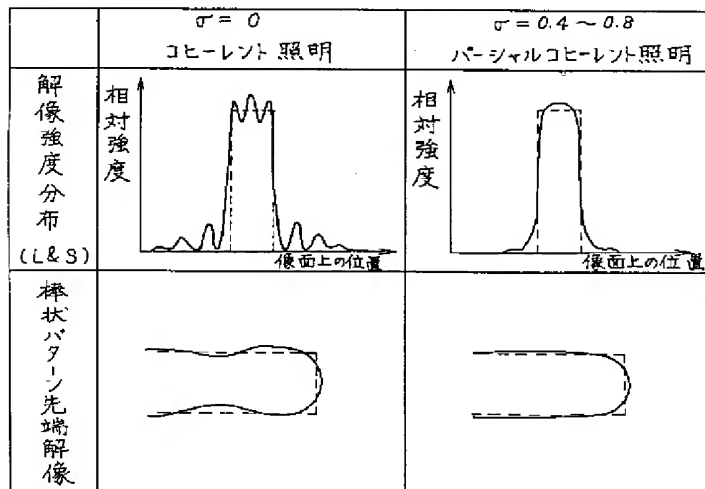
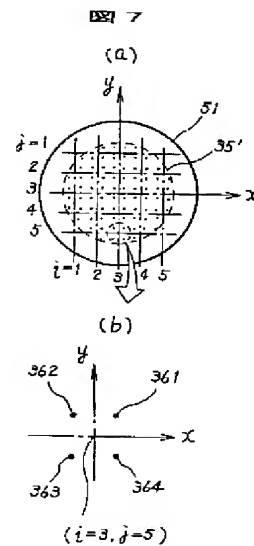
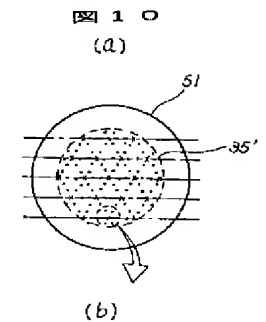


図4

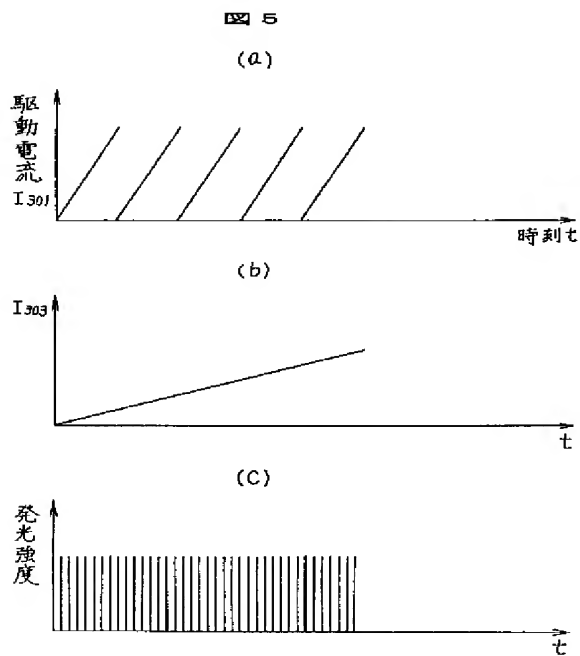
【図7】



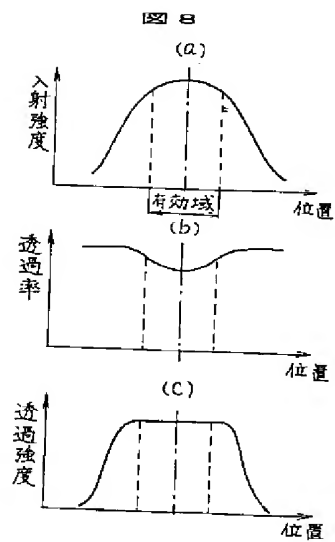
【図10】



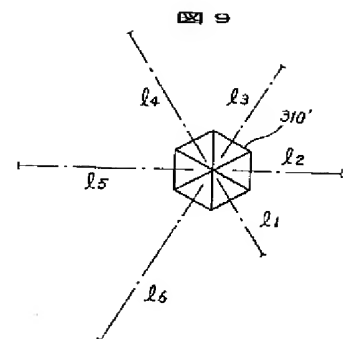
【図5】



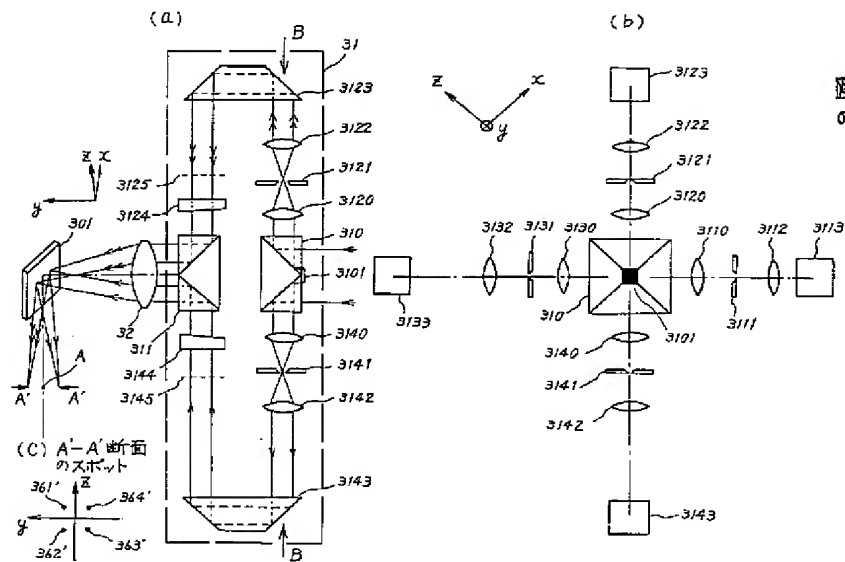
【図8】



【図9】



【図6】



フロントページの続き



**PAT-NO:** JP409036034A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 09036034 A  
**TITLE:** METHOD AND APPARATUS FOR PROJECTION EXPOSURE  
**PUBN-DATE:** February 7, 1997

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
OSHIDA, YOSHITADA	
YOSHITAKE, YASUHIRO	
NAKAJIMA, NAOTO	

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
HITACHI LTD	N/A

**APPL-NO:** JP07289458  
**APPL-DATE:** November 8, 1995

**INT-CL (IPC):** H01L021/027 , G02B027/00 , G03F007/20 , G03F007/20

**ABSTRACT:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To substantially reduce the coherency that a laser beam has by splitting this beam into a plurality of beams, combining them into a plurality of beam spots with optical path differences over mutual coherency distances and infinitesimally changing the incident angles of the laser beam spots being irradiated at once.

**SOLUTION:** Beam emitted from an excimer laser has an impression at the center and is split into four beams by a prism 310 which advance in four mutually orthogonal directions perpendicular to the incidence and the beams mutually different in optical path length over the coherency distance pass through wedge glasses 31114, 3124, 3134 and 3144 just before incidence on a prism 311. Since a galvano-mirror 301 and face of the reticle are conjugate, the four superimposed beams provide a uniform intensity distribution also on the reticle and uniformly irradiate the circuit pattern on the reticle.

**COPYRIGHT:** (C)1997,JPO